

APLIKASI RANGKAIAN NEURAL DALAM PENGESANAN SIMPANG BAGI  
PENTERJEMAH LAKARAN PINTAR

SYARUL HANIZ BIN SUBRI

Tesis ini dikemukakan  
sebagai memenuhi syarat penganugerahan  
ijazah Sarjana Sains (Sains Komputer)

Fakulti Sains Komputer & Sistem Maklumat  
Universiti Teknologi Malaysia

MEI 2006

## ABSTRAK

Pengesan simpang merupakan salah satu komponen bagi pengekstrakan ciri di dalam enjin penterjemah lakaran. Kebanyakan pengesan simpang masakini adalah berasaskan model dan persamaan matematik. Penyelidikan ini membangunkan pengesan simpang tanpa menggunakan model dan persamaan matematik yang rumit. Kod rantai digunakan sebagai imej atau perwakilan data bagi sumber data pengesan simpang. Dua kod rantai yang diaplikasikan di dalam penyelidikan ini ialah kod rantai Freeman (FCC) dan kod rantai Vertex (VCC). Pencapaian dan kesesuaian penggunaan kod rantai ini dibandingkan. Penyelidikan ini memfokuskan penghasilan enjin pintar bagi penterjemah lakaran, oleh itu rangkaian neural telah dipilih untuk diaplikasikan di dalam pengesan simpang ini. Pakej rangkaian neural di dalam perisian Matlab digunakan oleh kaedah kepintaran buatan ini bagi membangunkan pengelas rangkaian neural. Algoritma rangkaian neural secara rambatan balik digunakan untuk membangun dan menghasilkan pengelas bagi algoritma pengesan simpang. Lakaran lukisan garisan dua dimensi yang terlibat merupakan input penting di dalam pembangunan dan penghasilan pengelas. Penyelidikan ini menghasilkan rangka kerja bagi pembangunan pengelas pengesan simpang kod rantai, pengelas rangkaian neural, dan proses pembentukan sel segiempat bagi VCC. Algoritma pengelas rangkaian neural pengesan simpang FCC dan VCC juga turut dihasilkan. Berdasarkan analisis, algoritma pengelas rangkaian neural pengesan simpang FCC dilihat lebih berpotensi dari segi ketepatan dan kesesuaian kod rantai. Penyelidikan ini membabitkan tiga komponen utama iaitu pengesan simpang, kod rantai, dan rangkaian neural. Pengintegrasian komponen-komponen ini menghasilkan algoritma pengesan simpang dan algoritma ini boleh digunakan dalam enjin sebuah penterjemah lakaran pintar.

## ABSTRACT

A corner detector is one of the components for feature extraction in a sketch interpreter engine. Many conventional corner detectors nowadays are based on mathematical models and equations. This research developed a corner detector without using complicated mathematical models and equation. A chain code was used as image or data representation for corner detector data source. Two chain codes applied in this research included Freeman chain code (FCC) and Vertex chain code (VCC). The performance and suitability of these chain codes usage were compared. This research focused on the production of an intelligent engine for a sketch interpreter, hence a neural network was chosen to be applied in this corner detector. The neural network package in Matlab software was used by this artificial intelligent method to develop a neural network classifier. Back propagation neural network algorithm was used to develop and produce the classifier for corner detector algorithm. Two dimensional sketch line drawing was involved as an important input in developing and producing the classifier. This research produced the framework for developing chain code corner detector classifier, the neural network classifier, and the development process of VCC from rectangular cell. The algorithm of neural network classifier corner detector for FCC and VCC were also produced. Based on the analysis, the algorithm of neural network classifier corner detector for FCC was found to have more potentials in terms of accuracy of corner detection and suitability of the chain code. This research involved three main components - corner detector, chain code, and neural network. The integration of these components produced a corner detector algorithm and this algorithm can be used in the engine of an intelligent sketch interpreter.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>HALAMAN</b>
	<b>TAJUK</b>	i
	<b>PERAKUAN</b>	ii
	<b>DEDIKASI</b>	iii
	<b>PENGHARGAAN</b>	iv
	<b>ABSTRAK</b>	v
	<b>ABSTRACT</b>	vi
	<b>KANDUNGAN</b>	vii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xi
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xii
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xv
<b>1</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>1</b>
1.1	Latar Belakang Penyelidikan	1
1.2	Penyataan Masalah	4
1.3	Objektif	5
1.4	Skop	5
1.5	Rangka Tesis	6
1.6	Sumbangan Penyelidikan	6

<b>2</b>	<b>KAJIAN LITERATUR</b>	<b>9</b>
2.1	Algoritma Pengesan Simpang	10
2.1.1	Pengesan Simpang Menggunakan Kod Rantaian	11
2.1.2	Pengesan Simpang Rangkaian Neural	14
2.2	Skema Kod Rantaian	16
2.2.1	Kod Rantaian oleh Freeman	18
2.2.2	Kod Rantaian oleh Bribiesca	20
2.3	Rangkaian Neural	22
2.4	Lukisan Garisan	25
2.4.1	Sumber Lukisan Garisan	27
2.5	Penterjemah Lakaran	28
2.5.1	Aliran Proses Lakaran	30
2.6	Ringkasan	32
<b>3</b>	<b>METODOLOGI PENYELIDIKAN</b>	<b>33</b>
3.1	Pengenalpastian Masalah	33
3.2	Sumber Data	35
3.3	Pra Pemprosesan	36
3.4	Perwakilan Data	39
3.5	Pembangunan Pengelas Rangkaian Neural	41
3.5.1	Langkah Pembangunan Model Rangkaian Neural	41
3.5.2	Pembangunan Pengelas	46
3.6	Pengujian dan Validasi	49
3.7	Implementasi	50
3.8	Ringkasan	51

<b>4</b>	<b>PENGHASILAN KOD RANTAIAN</b>	<b>53</b>
4.1	Pengenalan	54
4.2	Kod Rantaian Freeman	54
4.3	Kod Rantaian Vertex	55
	4.3.1 Proses Pendigitasian dan Penipisan	56
	4.3.2 Pembentukan Sel Segiempat	56
	4.3.3 Pengkodan Kod Rantaian Vertex	58
4.4	Ringkasan	59
 <b>5</b>	 <b>PENGELAS RANGKAIAN NEURAL BAGI PENGESAN SIMPANG</b>	 <b>61</b>
5.1	Pengenalan	61
5.2	Pengelas Rangkaian Neural	62
5.3	Pengelas Rangkaian Neural Pengesan Simpang FCC	64
5.4	Pengelas Rangkaian Neural Pengesan Simpang VCC	69
5.5	Ringkasan	75
 <b>6</b>	 <b>PERBINCANGAN KEPUTUSAN DAN ANALISIS</b>	 <b>76</b>
6.1	Perbincangan Keputusan	76
	6.1.1 Eksperimen Pengelas Rangkaian Neural Pengesan Simpang FCC	77
	6.1.2 Eksperimen Pengelas Rangkaian Neural Pengesan Simpang VCC	79
6.2	Analisis Perbandingan Pengelas Rangkaian FCC dan VCC	83

6.3	Perbandingan Pengesan Simpang	85
6.4	Sumbangan Penyelidikan	81
<b>7</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>87</b>
7.1	Pendahuluan	87
7.2	Cadangan	89
7.3	Kesimpulan	90
	<b>RUJUKAN</b>	<b>92</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	
	Lampiran A Lakaran Lukisan Garisan	
	Lampiran B Imej Binari Lakaran	
	Lampiran C Imej Binari Yang Dinipiskan	
	Lampiran D Set Input Latihan, Pengujian dan Validasi	
	Lampiran E Set Output Latihan, Pengujian dan Validasi	
	Lampiran F Kod Rantaian Freeman Lakaran	
	Lampiran G Kod Rantaian Vertex Lakaran	
	Lampiran H Model Latihan Rangkaian FCC	
	Lampiran I Model Latihan Rangkaian VCC	
	Lampiran J Kertas Kerja Penyelidikan	

## SENARAI JADUAL

<b>NO. JADUAL</b>	<b>TAJUK</b>	<b>HALAMAN</b>
3.1	Saiz Input Pembangunan Pengelas Rangkaian Neural	40
3.2	Formula Penentuan Nod Tersembunyi	43
5.1	Jadual Model Terbaik FCC Beserta Parameter	69
5.2	Jadual Model Terbaik VCC Beserta Parameter	74
6.1	Simpang yang Dikesan Pengelas Rangkaian Neural FCC	79
6.2	Simpang yang Dikesan Pengelas Rangkaian Neural VCC	82
6.3	Jadual Perbandingan Pengelas FCC dan VCC	84
6.4	Perbandingan FCC dan VCC Dalam Proses Pembangunan Pengelas	85
6.5	Keputusan Perbandingan Pengelasan Simpang	86



## SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	HALAMAN
2.1	Lukisan Garisan Tidak Sekata	11
2.2	Lapan Arah Lokasi Kod FCC	18
2.3	Contoh lukisan dan kod rantaian Freeman	19
2.4	26 Arah Kod Rantaian Freeman 3D <i>Cubic Lattices</i>	19
2.5	Bentuk Sel VCC	21
2.6	VCC Menggunakan Sel Segiempat	21
2.7	Lima Arah dan Kod Yang Diwakili Bagi Lengkok Diskrit 3D	22
2.8	Gambaran Neuron	23
2.9	Gambaran Formula Rangkaian Neural Berdasarkan Neuron	23
2.10	Contoh Lukisan Garisan	27
2.11	Contoh Lakaran Lukisan Garisan 2D	27
2.12	Aliran Proses Penterjemah Lakaran	31
3.1	Rangka Kerja Pengekstrakan Ciri Lukisan 2D	37
3.2	Contoh Imej Binari	37
3.3	Contoh Imej Binari Yang Dinipiskan	38
3.4	Penyusunan 9 Kod Input Kepada Tatasusunan	39
3.5	Penyusunan Kod Rantaian Dalam <i>Array Editor</i>	40

3.6	Aliran Pembangunan Pengelas Rangkaian Neural	49
4.1	Kod rantaian Freeman Daripada Imej Binari	55
4.2	Perwakilan Imej Binari Kepada Sel Segiempat	57
4.3	Proses Pembentukan Sel Segiempat	57
4.4	Contoh Perwakilan Kod Sel Segiempat	58
4.5	Contoh Imej Sel Segiempat yang Dikodkan	59
5.1(a)	Contoh Pola dan Terjemahan Simpang FCC	64
5.1(b)	Contoh Pola dan Terjemahan Bukan Simpang FCC	64
5.2	Pola Kod Rantaian Penentuan Simpang Input Latihan Pengelas	65
5.3	Pola Kod Rantaian Penentuan Bukan Simpang Input Latihan Pengelas	66
5.4	Lelaran Ketika Proses Melatih Rangkaian Terbaik Pengelas	67
5.5	Graf Proses Melatih Rangkaian	67
5.6(a)	Contoh Pola dan Terjemahan Simpang VCC	70
5.6(b)	Contoh Pola dan Terjemahan Bukan Simpang VCC	70
5.7	Pola Kod Rantaian Penentuan Simpang Input Latihan Pengelas	71
5.8	Pola Kod Rantaian Penentuan Bukan Simpang Input Latihan Pengelas	72
5.9	Lelaran Ketika Proses Melatih Rangkaian Terbaik Pengelas	73
5.10	Graf Proses Melatih Rangkaian	73
6.1	Input Kod Rantaian Freeman Lukisan Garisan Tangga	78
6.2	Simpang Pada Lukisan Garisan Tangga	78
6.3	Ouput Pengelas Rangkaian Neural dan Output Sebenar	79

6.4	Input Kod rantaiVertex Lukisan Garisan Tangga	81
6.5	Simpang Pada Lukisan Garisan Tangga	82
6.6	Ouput Pengelas Rangkaian Neural dan Output Sebenar	82

## SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	HALAMAN
A1	Lukisan lakaran tangga	91
A2	Lukisan lakaran blok-L	92
A3	Lukisan lakaran kiub 1	93
B1	Imej binari kiub 1	94
B2	Imej binari blok-L	95
B3	Imej binari tangga	96
C1	Imej binari kiub 1 selepas proses penipisan	97
C2	Imej binari blok-L selepas proses penipisan	98
C3	Imej binari tangga selepas proses penipisan	99
D1	Set input latihan FCC (kiub 1)	100
D2	Set input validasi FCC (tangga)	102
D3	Set input latihan VCC (kiub 1)	103
D4	Set input pengujian VCC (blok-L)	105
D5	Set input validasi VCC (tangga)	107
E1	Set output FCC (kiub 1)	108
E2	Set output FCC (tangga)	109
E3	Set output latihan VCC (kiub 1)	110
E4	Set Output pengujian VCC (blok-L)	111
E5	Set output validasi	112
F1	Kod rangkaian Freeman kiub 1	113

F2	Kod rantaian Freeman blok-L	114
F3	Kod rantaian Freeman tangga	115
G1	Kod rantaian Vertex sel segiempat kiub 1	116
G2	Kod rantaian Vertex sel segiempat blok-L	117
G3	Kod Rantaian Vertex sel segiempat tangga	118
H	Model rangkaian FCC	119
I1	Model rangkaian VCC	120
I2	Model rangkaian VCC yang menggunakan nilai sasaran 0.01	126
J1	A New Framework in Extracting Features of Irregular Line Drawing	128
J2	Neural Network in Corner Detection of Chain Code Series	129
J3	Chain Code Schemes and Its Application: A Review	130
J4	Neural Network in Corner Detection of Vertex Chain Code Series	131

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar Belakang Penyelidikan**

Penterjemah lakaran merupakan satu sistem yang membenarkan jurutera melakar rekabentuk yang dikehendaki secara terus dengan menggunakan peranti input seperti pendigit (*digitizer*) dan pen cahaya (*light pen*). Lakaran tersebut secara automatik dapat diterjemahkan kepada lukisan yang lebih bermakna dan akhirnya menjadi objek tiga dimensi. Ini menjadikan ianya satu kemudahan yang baru di dalam perisian rekabentuk berbantuan komputer (CAD).

Penterjemah lakaran mempunyai dua komponen utama yang perlu diintegrasikan iaitu antaramuka dan enjin. Fokus penyelidikan ini ialah pembangunan enjin penterjemah lakaran yang mempunyai tiga peringkat utama sebelum lakaran divisualisasikan iaitu peringkat pra-pemprosesan, pengekstrakan ciri, dan pembangunan semula objek. Di dalam ketiga-tiga peringkat ini terdapat beberapa proses yang perlu diikuti dengan mengikut tertib. Pada peringkat pertama, iaitu pada peringkat setelah lukisan dilakar, lakaran akan melalui proses pendigitasian, proses penipisan dan penterjemahan kepada kod rangkaian. Pada peringkat kedua, lakaran yang telah diwakili dalam bentuk kod rangkaian diekstrakkan untuk mendapatkan entiti-entiti asas geometri dua dimensi iaitu titik, garisan, dan kawasan. Pada peringkat ketiga, entiti-entiti yang telah diekstrakkan akan digunakan untuk menterjemahkan lakaran kepada lukisan tiga dimensi dan seterusnya divisualisasikan. Fokus kajian ialah pada peringkat kedua iaitu

mengekstrakkan entiti asas lakaran iaitu simpang dengan membangunkan algoritma pengesanan simpang menggunakan rangkaian neural bagi lakaran yang diwakili oleh skema kod rangkaian.

Kepintaran buatan dilihat sebagai satu teknik yang baru dan berpotensi untuk menggantikan teknik konvensional yang diguna pakai sekarang. Selain itu kepintaran buatan juga telah menjadi satu bidang yang popular di kalangan penyelidik-penyelidik untuk diaplikasikan ke dalam bidang kajian mereka. Ini kerana kepintaran buatan dilihat sebagai satu pendekatan baru yang mampu mengambil alih banyak pendekatan-pendekatan konvensional seperti kaedah formula matematik, biologi mahu pun psikologi. Salah satu daripada kepintaran buatan adalah rangkaian neural. Rangkaian neural dipilih berdasarkan reputasi dan kekerapan teknik ini digunakan oleh penyelidik-penyelidik sebelum ini. Vilaplana J. M. dan Coronado J. L. (2006) telah mengaplikasikan rangkaian neural di dalam bidang neurosains dengan menjadikan rangkaian neural sebagai teknik bagi memodelkan dan mensimulasi pergerakan tangan ketika memegang sesuatu. Choudhury et al. (2006) telah melakukan analisa ke atas algoritma berasaskan geometri dengan menghasilkan pengklasifikasi corak bagi mesin kernel. Pengklasifikasi ini dibangunkan berasaskan teknik rangkaian neural. Di dalam bidang bioinformatik, Hawkins J. dan Bode M. (2005) telah menggunakan rangkaian neural bagi menguji kebolehan rangkaian neural dalam menganalisa jujukan biologi. Manakala Kanmani et al. (2004) menggunakan teknik rangkaian neural bagi meramalkan kualiti bagi sesuatu perisian. Satu model rangkaian neural dibangunkan bagi mengesan dan meramalkan keboleh harapan sesuatu perisian yang dibangunkan dengan menggunakan kaedah beroientasikan objek. Teknik ini juga telah digunakan oleh Rajagopalan R. dan Rajagopalan P. (1996), Fukushima dan Wake (1991) untuk pengecaman ciri, Pawlicki et al. (1988) untuk pengecaman corak, Terry dan Vu (1993) untuk pengesanan bucu dan banyak lagi penyelidik-penyelidik menggunakan teknik ini bukan sahaja di dalam bidang grafik berkomputer tetapi juga di dalam bidang lain. Hasil daripada kajian literatur yang dilakukan bagi penyelidikan ini, penyelidikan terkini bagi pengesanan simpang yang menggunakan rangkaian neural hanya dilakukan oleh Tsai (1997). Ini memberikan satu cabaran bagi penyelidikan ini untuk menghasilkan

pengesan simpang rangkaian neural yang terkini. Hasil kajian literatur mendapati masih belum terdapat pengesan simpang rangkaian neural yang menggunakan kod rantai bagi mengesan simpang. Penyelidikan terdahulu menggunakan pendekatan titik tangen, lengkungan dan juga darjah sudut. Dias et al. (1995) memberi motivasi dan keyakinan bagi penyelidikan ini kerana kajiannya terhadap pengesan simpang turut menggunakan imej dua dimensi.

Selain kepintaran buatan, penyelidikan ini juga menjadikan kod rantai sebagai medium untuk mewakili imej atau pun lakaran. Kod rantai oleh Freeman (1961) iaitu kod rantai Freeman (FCC) dan kod rantai oleh Bribiesca (1999) iaitu kod rantai Vertex (VCC) di guna pakai. Banyak penyelidikan yang terdahulu menggunakan FCC kerana FCC merupakan satu-satunya kod rantai yang ada sehinggalah VCC dihasilkan oleh Bribiesca pada tahun 1999. Sebagai contoh Bandera et al. (2000) menggunakan kod rantai Freeman di dalam pengecaman objek, manakala contoh penggunaan VCC terkini pula adalah oleh Salem et al. (2005). Perwakilan secara kod rantai ini merupakan satu pendekatan yang terbaru kerana VCC merupakan satu kod rantai yang baru. Kod rantai FCC dan VCC ini akan diintegrasikan dengan pengesan simpang yang mengaplikasikan rangkaian neural. Prestasi kedua-dua kod rantai ini dapat diuji melalui penghasilan pengesan simpang dengan menggunakan kod rantai yang berbeza. Pengaplikasian dua medium utama iaitu kod rantai dan rangkaian neural menjadikan ianya sebagai bahan utama di dalam penyelidikan ini.



## 1.2      **Penyataan Masalah**

Trajkovic dan Hedley (1998) mengklasifikasikan pengesan simpang kepada dua kelas iaitu dasar kelengkungan dan titik ciri. Kebanyakan pengesan simpang yang sedia ada berasal dari kelas yang pertama. Penyelidikan ini menghasilkan pengesan simpang yang dikategorikan di dalam kelas yang kedua. Terdapat tiga perkara utama yang menjadi teras kepada pengesan simpang iaitu perwakilan data, kaedah pembangunan, dan jenis alatan untuk membangunkan pengesan simpang. Bagi teras pertama iaitu perwakilan data, pemilihan perwakilan yang sesuai dengan algoritma dan alatan yang digunakan penting untuk memastikan penghasilan pengesan simpang yang cekap. Terdapat beberapa teknik perwakilan data contohnya formula matematik, pelabelan garisan dan kod rangkaian. Perwakilan secara formula matematik contohnya seperti geometrik algebra merupakan cara perwakilan yang rumit. Bagi pelabelan garisan pula, cara ini tidak boleh mewakili semua jenis lukisan atau pun imej. Oleh itu, kod rangkaian dipilih sebagai perwakilan data bagi pengesan simpang kerana teknik ini dilihat berpotensi untuk diaplikasikan dengan rangkaian neural. Selain itu pemilihan kod rangkaian juga menjadi penyelesaian bagi mewakili semua jenis lukisan mahu pun imej sama ada imej dua dimensi mahu pun imej tiga dimensi. Kajian literatur yang dijalankan bagi penyelidikan ini turut mendapati penggunaan kepintaran buatan di dalam pengesan simpang amat terhad. Apakah kepintaran buatan tidak sesuai untuk diaplikasikan dengan pengesan simpang? Penyelidikan ini dilakukan bagi menjawab persoalan yang dibangkitkan ini. Kajian literatur yang dilakukan juga mendapati, tidak terdapat lagi penyelidikan yang menggunakan teknik rangkaian neural yang diintegrasikan dengan kod rangkaian bagi menghasilkan algoritma pengesan simpang yang rangkaian neural. Ini turut dijadikan motivasi bagi menghuraikan mengapa ketiga-tiga medium ini tidak diintegrasikan? Pemasalahan-pemasalahan ini dijadikan cabaran bagi menghasilkan penyelidikan ini agar kesemua penyataan masalah yang dibangkitkan ini dapat dihuraikan dan dijawab.

### 1.3 Objektif

Beberapa objektif dikenalpasti sebagai matlamat sepanjang penyelidikan ini dilakukan. Objektif-objektif yang dikenalpasti bagi penyelidikan ini ialah:

- i. Membangunkan algoritma pengelas rangkaian neural untuk mengesan simpang dengan menggunakan kod rangkaian Freeman (FCC) dan kod rangkaian Vertex (VCC)
- ii. Membandingkan prestasi pengelas rangkaian neural yang menggunakan FCC dan pengelas rangkaian neural yang menggunakan VCC di dalam mengesan simpang dan seterusnya menganalisis kesesuaian FCC dan VCC dalam pengesan simpang yang dibangunkan menggunakan rangkaian neural.
- iii. Menghasilkan rangka kerja pembangunan pengelas pengesan simpang kod rangkaian.
- iv. Membangunkan algoritma pembentukan sel segiempat VCC daripada imej binari yang dinipiskan.

### 1.4 Skop

Bagi mendapatkan hasil penyelidikan yang dikehendaki, penyelidikan ini telah mengenalpasti beberapa skop untuk dijadikan panduan dalam melakukan penyelidikan nanti. Skop-skop ini dikenal pasti dari segi penggunaan perisian, teknik yang akan diaplikasikan dan sumber utama yang akan dikaji. Skop-skop di bawah ini menyatakan spesifikasi-spesifikasi bagi elemen-elemen yang menjadi teras dalam penyelidikan ini.

- i. Melibatkan lakaran lukisan garisan tidak sekata 2D.
- ii. Menggunakan algoritma pembelajaran rangkaian neural secara rambatan balik dalam pembangunan algoritma pengesan simpang.
- iii. Menggunakan kod rangkaian Freeman (FCC) 8 digit bagi objek 2D.

- iv. Menggunakan kod rantai Vertex (VCC) secara perwakilan sel segiempat.
- v. Menggunakan perisian Matlab sebagai alatan untuk membangunkan pengelas rangkaian neural.

## 1.5 Rangka Tesis

Tesis ini telah dibahagikan kepada tujuh bab. Bab 1 merupakan bab pengenalan yang memberi gambaran keseluruhan tentang kandungan tesis ini. Bab 2 adalah kajian literatur bagi kajian-kajian terdahulu yang menjadi rujukan dan panduan penyelidikan. Bab 3 menerangkan metodologi yang digunakan bagi proses penyelidikan ini. Bab 4 pula adalah bab yang menerangkan proses yang dilakukan bagi mewakili data bagi menukar imej binari yang dinipiskan kepada VCC. Kemudiannya Bab 5 menerangkan tentang pengesan simpang yang dibangunkan. Perbincangan mengenai keputusan dan analisis penyelidikan diterangkan di dalam Bab 6. Penyelidikan ini di akhiri dengan cadangan dan kesimpulan yang menjadi penutup kepada tesis penyelidikan ini.

## 1.6 Sumbangan Penyelidikan

Tesis daripada hasil penyelidikan ini telah memberikan lima sumbangan. Sumbangan tersebut adalah rangka kerja pembangunan pengelas pengesan simpang kod rantai, pengelas rangkaian neural, algoritma pengesan simpang kod rantai Freeman menggunakan rangkaian neural, algoritma pengesan simpang kod rantai Vertex menggunakan rangkaian neural dan pengaplikasian kod rantai Vertex di mana algoritma bagi pembentukan sel segiempat VCC daripada imej binari yang dinipiskan terhasil. Sumbangan ini adalah berkenaan komponen di dalam enjin penterjemah lakaran iaitu pada peringkat pra pemprosesan dan pengekstrakan ciri. Kesemua sumbangan ini dihasilkan tanpa melibatkan persamaan-persamaan matematik yang rumit.

Rangka kerja pembangunan pengelas pengesan simpang kod rantai ini dihasilkan berdasarkan tiga komponen utama iaitu kod rantai, rangkaian neural dan juga perisian Matlab. Rangka kerja ini menggabungkan kod rantai dan teknik kepintaran buatan iaitu rangkaian neural dalam pengelas pengesan simpang.

Pengelas rangkaian neural boleh diklasifikasikan sebagai satu pengelas kepintaran buatan kerana ianya menggunakan teknik rangkaian neural dalam pembangunan pengelas ini. Pengelas ini dapat mengesan simpang lukisan garisan 2D. Pengelas ini terhasil daripada dua algoritma iaitu pengelas pengesan simpang kod rantai Freeman dan juga pengelas pengesan simpang kod rantai Vertex. Kedua-dua pengelas daripada algoritma ini menggunakan perwakilan kod rantai yang berbeza sebagai sumber input masing-masing.

Algoritma pengesan simpang FCC dengan menggunakan rangkaian neural telah terhasil di dalam penyelidikan ini. Kod rantai Freeman (FCC) 8 digit bagi objek 2D digunakan sebagai bahasa penghuraian gambar (PDL) bagi mewakili lukisan garisan. Penghasilan algoritma ini adalah berdasarkan integrasi di antara FCC dan teknik rangkaian neural.

Penyelidikan ini turut menghasilkan algoritma pengesan simpang VCC dengan menggunakan rangkaian neural. Kod rantai Vertex (VCC) secara perwakilan sel segiempat telah digunakan sebagai bahasa penghuraian gambar bagi mewakili lukisan garisan. Teknik rangkaian neural dan VCC telah diintegrasikan bagi menghasilkan algoritma ini.

Penyelidikan ini telah berjaya menghasilkan algoritma pembentukan kod rantai Vertex daripada imej binari yang dinipiskan kepada kod rantai Vertex yang menggunakan perwakilan sel segiempat. Kajian literatur yang dibuat bagi penyelidikan ini menunjukkan, sejak tahun 1970, hanya kod rantai Freeman digunakan oleh penyelidik-penyelidik dalam penyelidikan mereka. Salomie et al. (2002) menggunakan kod rantai Freeman untuk perwakilan *Meshgrid* dan Chen et al. (1998) yang

mengaplikasikan kod rantai ini di dalam algoritma pengecaman peribadi. Namun begitu penyelidikan yang dijalankan ini telah mengaplikasikan kod rantai yang baru iaitu kod rantai Vertex yang telah dihasilkan oleh Bribiesca (1999) bagi membangunkan algoritma pengesan simpang (VCC).

## RUJUKAN

- Arrebola, F., Bandera, A., Camacho, P dan Sandoval, F. (1997). *Corner Detection by Local Histograms of Contour Chain Code*. Electronics Letters IEEE. Vol. 33, Issue 21.
- Bachnak, R. and Celenk, M. (1988). *A Corner Detection-based Object Representation Technique For 2D Images*, Proc. IEEE International Symp. On Intelligent Control, USA, 186-190.
- Bandera, A., Urdiales, C., Arrebola, F. dan Sandoval, F. (2000). *Corner Detection by Means of Adaptively Estimated Curvature Function*, Electronic Letters, Vol. 36, Issue 2, 124- 126.
- Bribiesca, E. (1999). *A New Chain Code*. Pattern Recognition, Vol. 32, Issue 2, 235-251.
- Bribiesca, E. (2000). *A Chain Code for Representing 3D Curves*. Pattern Recognition. Vol. 33, Issue 1, 755-765.
- Bribiesca, E. (2003). *Scanning-curves Representation for the Coverage of Surfaces Using Chain Coding*. Computer & Graphics, Vol. 27, Issue 1, 123-132.
- Chen, W., Okamoto, N. dan Minami, T. (1998). *Automatic Personal Identification Based on Human Face Profiles*. IEEE Conf. Electrical and Com. Engineering, Vol. 1, 53-56.
- Chen, Y.-W. dan Lee, S. C. (1991). *The C-Chain Code – A New Method for Coding 3D Curves*. IEEE Signals, Systems and Com. 25th Asilomar Conference, Vol. 1, 472-476.
- Choudhury, A., Nair, P.B. dan Keane, A.J. (2006). *Constructing a Speculative Kernel Machine for Pattern Classification*. Science Direct, Neural Network, Vol. 19, Issue 1, 84-89.
- Dias, P.G.T., Kassim, A.A. dan Srinivasan, V. (1995). *Neural Network Classifier for Detecting Corners in 2D Images*. Conf. Systems, Man and Cybernetics, Intelligent for The 21st Century Vol. 1, 661-666.
- Fausett, L. V. (1994). *Fundamentals of Neural Networks : Architectures, Algorithms, and Applications*. N.J. : Prentice-Hall.
- Freeman, H. (1961). *On The Encoding of Arbitrary Geometric Configurations*. IRE Trans. EC-10 (2), 260-268.

- Freeman, H. (1969). *On the Quantization of Line Drawing Data*. IEEE Trans. System Science and Cybernetics, SSC-5 (1), 70-79.
- Freeman, H. (1974). *Computer Processing of Line-Drawing Images*. ACM Computing Surveys, Vol. 6, No. 1, 57-97.
- Fukushima, K. dan Wake, N (1991). *Handwritten Alphanumeric Character Recognition*. IEEE Transactions on Neural Networks, Vol. 2, 355-365.
- Habibollah Haron dan Syarul Haniz Subri. (2004). *A New Framework in Extracting Features of Irregular line Drawing. Proceedings of The Int. Conference of Computer Graphics, Imaging and Visualization. CGIV04 Penang 26-29 Jul.*, Vol. 1, 83-87.
- Habibollah Haron (2004). *Enhancement Algorithms for 3D Objec Interpreter*. Tesis PHD, Universiti Teknologi Malaysia.
- Habibollah Haron, Dzulkifli Mohammad dan Siti Mariyam Shamsuddin. (2005). *Corner Detection Algorithm for Chain Code Representation of Thinned binary Image*. Int. Journal of Com. Math. U.K., Vol 82 No. 8, 941-950.
- Haniz, S., Haron, H and Roselina, S. (2004). *Neural Network in Corner Detection of Chain Code Series*. Proceedings of The International Arab Conf. IT ACIT 2004 Algeria 12-15 Dec. 2004, Vol. 1, 426-431.
- Hawkins, J. and Boden, M. (2005). *The Applicability of Recurrent Neural Networks for Biological Sequence Analysis*. IEEE Computer Society Press, Vol. 2, Issue 3, 243-253.
- Heartst, M.A. (1998). *Sketching Intelligent Systems*. Intelligent Systems, IEEE, Vol. 13 Issue 3, 10-19.
- Hwang, T.S. dan Ullman, D.G. (1990). *The Design Capture System: Capturing Back-of-the Envelope Sketches*. Journal of Engineering Design, Vol. 1 No. 4, 339-353.
- Johannessen, A.B., Prasad, R. N., Weyland B.J. dan Bons J.H. (1992). *Coding Efficiency of Multiring Differential Chain Coding*. IEEE Proceedings on Communications, Speech and Vision, Vol. 139 no. 2, 224-232.
- Kanmani, S., Uthariaraj, V. R., Sankaranarayanan, V. and Thambidurai, P. (2004). *Object Oriented Software Quality Prediction Using General Regression Neural Networks*. ACM Pres, Vol. 29, Issue 5, 1-6.
- Klimasauskas, C. C. (1991). *Applying Neural Networks. Part 3: Training A Neural Network*. PC-AI, May/June, 20-24.
- Koplowitz, J. dan Plante, S. (1995). *Corner Detection for Chain Coded Curves*. Science Direct Pattern Recognition, Vol. 28 Issue 6, 843-852.

- Lam, L. dan Lee, S-W (1992). *Thinning methodologies-a comprehensive survey*. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions, Vol. 14 Issue 9, 869-885.
- Landay, J.A. dan Myers, B.A. (2001). *Sketching Interfaces: Toward More Human Interface Computer*. Vol. 34, Issue 3, 56-34.
- Lee, J-H and Park, D-S. (1995). *Modular Neural Net Architecture for One-step Thinning Algorithm Neural Networks*. Proceedings IEEE International Conference, Vol. 4, 1719-1723.
- Lim Wen Peng dan Siti Mariyam Shamsuddin. (2004). *3D Object Reconstruction and Representation Using Neural Network*. Proceedings of the 2nd Int. Con. on Com. Graphics and Interactive Ttechniques in Australasia and South East Asia. 139-147.
- Liu, H-C. dan Srinath, M. D. (1990). *Corner Detection from Chain Code*. Pattern Recognition, Vol. 23, Issue 1-2, 51-68.
- Liu, W., Cha J-Z, Xu, X-H dan Guo W-J (2002). *Online Hand-Sketched Engineering Drawing Neural Network Recognition*. IEEE Region 10 Conference on Computers, Communications, Control and Power Engineering, Vol. 1, 253-256.
- Mackworth, A.K. (1973). *Interpreting Pictures of Polyhedral Scenes*. Artificial Intelligence, Vol. 4, 121-137.
- Minami, T. dan Shinohara, K. (1986). *Encoding of Line Drawings with a Multiple Grid Chain Code*. IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. PAMI-8, No. 2, 269-276.
- Norgaard, M., Ravn, O., Poulsen, N. K. dan Hansen, L. K. (2000). *Neural Networks for Modelling and Control of Dynamic Systems*, London: Springer.
- O’Gorman, L. (1988). *Primitives Chain Code*. IEEE Acoustics, Speech and Signal Proc. Int Con., Vol. 2, 792-795.
- Pahor, V. dan Carrato, S. (1999). *A Fuzzy Approach to Mouth Corner Detection*. Image Processing, ICIP 99, Vol. 1, 667-671.
- Pawlicki, T.F., Lee, D-F., Hull, J.J. dan Srihani, S.N. (1988). *Neural Networks Model and their Application to Handwritten Digit Recognition*. IEEE International Conference on Neural Networks, Vol. 2, 63-70.
- Rajan, P.K. dan Davidson, J.M.(1989). *Evaluation of corner detection algorithms*. System Theory, Proceedings, Twenty-First Southeastern Symposium 29-33.
- Rajagopalan, R. dan Rajagopalan, P. (1996). *Applications of Neural Network in Manufacturing*. Proceedings of the Twenty-Ninth Hawaii Int. Conf., Vol. 2, 447-453.



- Rosa, J.L.G. (2001) *An Artificial Neural Network Model Based on Neuroscience: Looking Closely at the Brain*. Proceeding of the Int. Conf. Artificial Neural Nets and Genetic Alg., Vol 1, 138-141.
- Roselina Sallehuddin, Mohd.Salihin Ngadiman dan Siti Mariyam Shamsuddin. (2000). *Peramalan Siri Masa Variasi Bermusim- Satu Pendekatan Alternatif Menggunakan Rangkaian Neural*. Proceeding of the Nat. Conf.on Management Sci./O.R., Vol. 1, 32-37.
- Rosenfeld, A. dan Johnston, E. (1973). *Angle detection on Digital Curves*. IEEE Trans. Comput. Vol. 22, 875-878.
- Saleem, A.-B. M., Sewisy, A. A. dan Elyan U. A. (2005). *A Vertex Chain Code Approach for Image Recognition*. ICGST International Journal on Graphics, Vision and Image Processing, Vol. 2, 1-8.
- Salomie, I. A., Munteanu, A., Gavrilescu, A., Lafruit, G., Schelkens, P. dan Deklerck, R. (2002). *MESHGRID – A Compact, Multi-scalable and Animation Friendly Surface Representation*. IEEE Image Processing Proceeding Int., Vol. 3, 13-16.
- Sanchiz, J. M., Inesta, J.M. dan Pla, F. (1996). *A Neural Network-Based Algorithm to Detect Dominant Points from the Chain-Code of a Contour*. Vol. 4, 325-329.
- Sutherland, I.E. (1963). *Sketchpad A Man-Machine Graphical Communication System*. Proceedings AFIPS Conf. Spring Joint Computer Conference, Vol. 23, 329-346.
- Terry, P.J. dan Vu, D. (1993). *Edge Detection Using Neural Networks*”, Signals, Sys. and Com. Vol. 1, 391-395.
- Trajkovic, M. dan Hedley, M. (1998). *Fast Corner Detection*, Image and Vision Computing. Vol. 16, Issue 2, 75-87.
- Tsai, D-M (1997). *Boundary-based Corner Detection Using Neural Networks, Pattern Recognition*. Vol. 30, Issue 1, 85-97.
- Vilaplana, J. M. and Coronado, J.L. (2006). *A Neural Network Model for Coordination of Hand Gesture During Reach to Grasp*. Science Direct, Neural Network, Vol. 19, 12-30.
- Wu, C-H, dan Horng, S-J, (2004). *Run-Length Chain Coding and Scalable Computation of a Shape's Moments Using Reconfigurable Optical Buses*. Systems, Man and Cybernetics, Part B, IEEE Trans., Vol. 34, Issue 2, 845-855.